周口中波转播台三频共塔天调网络的设计与应用

摘　要：三频共塔技术是使用一座发射天线同时发射三套不同频率的广播节目。在发射频率多、占地条件满足不了安装发射天线的发射台，该技术的应用，不但能解决多频率发射问题，同时还能节省大量的资金和土地面积。周口中波台原有 120 米的拉线塔一座，工作频率为 1098kHz（25kW）和 900kHz（10kW），双频共塔。现新增一部 603kHz（25kW）发射机。通过计算，各个频率之间的比值均大于 1.25，符合共塔的条件。进行了三频分馈共塔，通过增加和调整阻塞网络、陷波网络，使三个单通道网络合并成一个完整的三频共塔天调网络，达到了预期效果。

关键词：三频共塔技术；节省投资；预期效果

中图分类号：TN934　　文献标识码：A

文章编号：1671-0134（2017）04-112-02　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2017.04.035

■文 / 李　文

1. 三频共塔网络的技术条件

我们知道，三频共塔技术对发射机的总功率、频率间隔、天线的特性阻抗以及本台其他频率情况有特别的要求。河南省周口中波转播现有一座 120 米高边宽 1 米的桅杆式拉线天线，天线在三个频率附近的的阻抗如表 1 所示。三台发射机均为 DAM 全固态数字调制发射机，三个频率间隔相互比值都大于 1.25。总发射功率为 60kW，原有的双频共塔已经很稳定地工作了多年，原有双频共塔网络如图 1 所示。综上所述，实现三频共塔的条件完全具备。

表 1　三个频率附近的天线阻抗值

频率（kHz）	附近频率阻抗（Ω）
603	604(kHz)=40+j54
	613(kHz)=41+j63
	593(kHz)=38+j43
900	901(kHz)=500+j270
	890(kHz)=460+j280
	910(kHz)=520+j260
1098	1088(kHz)=510-j290
	1099(kHz)=500-j290
	1108(kHz)=498-j300

2. 三频共塔天调网络设计原则

三频共塔天调网络，要求在每个频率的支路上，必须使用两个阻塞网络分别阻塞另外两个频率，避免其它两个频率通过本频率支路倒灌到发射机，进而对本频率产生干扰。同时还要在本频之路上分别安装两个馅波网络，最大限度地吸收另外两个频率的残留成分。除此之外，还要考虑吸收或阻

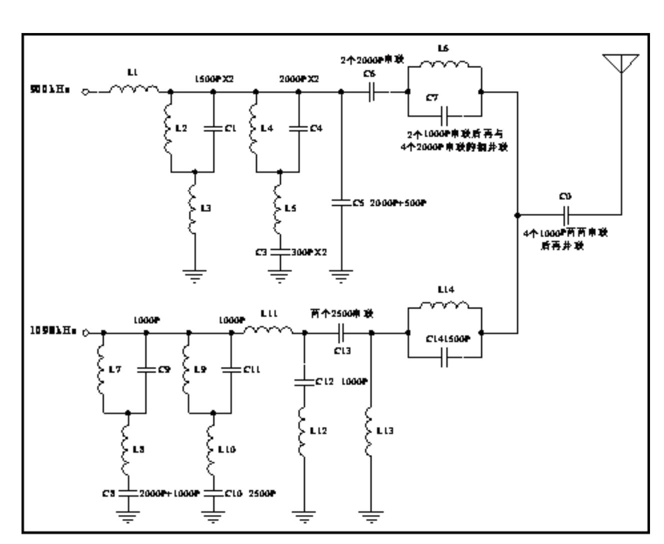


图 1　原有双频共塔网络图

塞本台或附近其它中波频率的干扰问题，使三个共塔频率尽量少受外部电磁环境的干扰。根据发射节目的频率、功率、本频点的天线阻抗，计算出各频率之路上的元件值大小，同时还要考虑元件的功率余量、耐压、耐流等情况，对于电容，可以采用先串联后并联或先并联再串联的方式提高其耐压和耐流能力；对于电感，可使用较粗的线圈提高功率的耐受力和散热效果。

2.1 阻塞网络的设计

阻塞网络的原理是：当 L、C 并联回路在某个频率产生谐振时，谐振回路对该频率阻抗趋于无穷大。因此采用 L、C 并联回路作为阻塞网络。在中波频段 500 ~ 1600kHz 的范围内时，如果确定了电容 C 的值，就可以依据 $\omega L=1/\omega C$（$L=1/\omega^2C$）计算出 L 的值。在实际设计运用中，考虑对边带频率的影响和市场现有规格等因素，最好先选定电容值，然后再选取合适的谐振线圈。三频的阻塞网络各支路电容、电感值如表 2 所示。

表 2　三个频率附近的天线阻抗值

f（kHz）	C（pF）	L（μH）
603	1500	48
900	1500	20.9
1098	1000	21

2.2 陷波（吸收）网络的设计

陷波网络的作用上述已分析过，与阻塞网络有所不同，陷波网络是要让其它频率通过且入地的，因此，陷波网络应采用 L、C 串联谐振，利用串联谐振后对谐振频率呈现直通的原理来实现，但在实际运用中，又不能让本频通过陷波器入地，因此还要设计出一个阻塞网络来阻塞本频频率，然后再与串联谐振的网络相串联，从而实现了既不让本频入地，又能达到吸收另外两个频率的作用。由于当地有 567kHz 和 828kHz 两个频率，所以在 603kHz 的天调网络上增加了陷波网络（如图二所示）。根据公式 f=1/（2π√LC），吸收 567kHz 的电容为 809pF，电感为 98μH；吸收 828kHz 的电容为 1000pF，电感为 37μH。此时，并联 3800pF 的电容组，可以使网络并联谐振于 603kHz。

在并联谐振网络中，既有工作频率（本频）的电流通过，又有阻塞频率的电流通过，根据公式：

$$I_{LT}=\sqrt{(\frac{\alpha}{t}I)^2+(\frac{E_0}{\omega_0 L})^2} \qquad I_{CT}=\sqrt{(t\alpha I)^2+(\omega_0 C E_0)^2}$$

可以得出电感、电容上的总电流 I_{LT} 和 I_{CT}，考虑到发射机在满调制（100%）的情况下，元件能承受的最大电流为总电流的 1.3 倍。以 603kHz 频率支路网络上阻塞 1098kHz 为例，根据公式：

$$t=\frac{f}{f_0} \qquad \alpha=\frac{t}{1-t^2}$$

已知 f=603x10，$f_0=1098\times10^3$ 得出 t=0.549，α=0.786。

工作电流：$P=10\times10^3$ $R_A=40$ $I=\sqrt{\frac{P}{R_A}}$

得出 I=15.8A

阻塞电压 E_0，根据公式 $E_0=\sqrt{PR_A}$ 得出 E_0=3535V，

带入上面的公式，可以得出 I_{LT}=33.29A，I_{CT}=25.29A

所以，在 100% 调制的时候，元件 L 承受的总电流是 $1.3I_{LT}$=44A，元件 C 承受的总电流是 $1.3I_{CT}$=32A

那么，L、C 能承受的电压，根据公式 $V_L=V_C=\frac{1}{\omega_0 C}\frac{|\alpha|}{t}I+E_0$

得出 $V_L=V_C$=6820V

同时，考虑到 100% 调制时候，元件的 L、C 的耐压为 $3V_L=3V_C$=20460V

同理可算出其他阻塞网络上元件的耐压，如表三所示。

由于容抗和感抗具有互抵的特性，合理的选择电感电容，使各个频率支路上产生容抗与感抗相互抵消，最大限度的达到 R_A+j0 的效果。

因为 900kHz 和 1098kHz 的天线阻抗实部都大于馈管的特性阻抗，所以，匹配网络时，使用 Γ 型网络，603kHz 使用 T 型网络，L、C 的参数根据：

感抗：$X_L=\mp\frac{1}{R_a}\sqrt{WR_a(R_a^2-WR_a+X_a^2)}$

容抗：$X_C=\frac{WX_a\pm\sqrt{WR_a(R_a^2-WR_a+X_a^2)}}{R_a-W}$

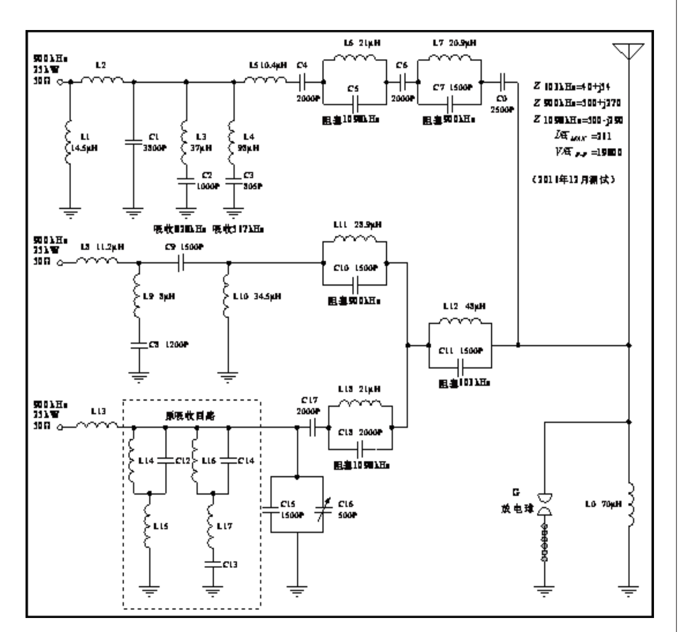


图 2　三频共塔网络图

其中，W 为馈管的特性阻抗；R_a 为天线阻抗的实部；X_a 为天线阻抗的虚部。根据参数，如三频共塔天调网络电路图所示，即可组成三频共塔预调网络。

支路（kHz）	阻塞（kHz）	承受电压（V）	100% 调制电压（V）
603	1098	6820	20460
	900	6906	20718
1098	603	1164	3492
	900	5222	15666
900	1098	6483	19449
	603	1643	4929

3. 结束语

经过设计安装调试后，对发射情况进行了监听测试，三部发射机的电声指标，均符合设计要求，场强测试也符合要求，至此，三频共塔网络圆满完成。目前条件下。由于场地、资金诸多方面的限制，三频共塔技术日益显出它的重要性。周口中波台在这方面做了大胆的尝试，也可以说在自台技术革新方面是一个新的突破。当然还有几个需要解决的问题，比如，发射机的稳定性、器件的耐用性、散热等诸多问题还有待进一步解决。媒

参考文献

[1] 唐建林．三频共塔中波广播发射机天线调配网络．青海师范大学学报（自然科学版），2014（2）．

[2] 中短波传播天线实用手册．广电无线局，1987.

（作者单位：河南省周口中波转播台）